

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal. (Silvia Sukirman,2003)

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

2.1.1. Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam atau asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di dalam alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Sedangkan aspal minyak yaitu aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas aspal padat, aspal cair, dan aspal emulsi.

- a. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal nama semen aspal (*asphalt cement*). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

- b. Aspal cair (*cutback asphalt*) adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi :
 - 1. *Rapid curing cut back asphalt* (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.
 - 2. *Medium curing cut back asphalt* (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (*kerosene*).
 - 3. *Slow curing cut back asphalt* (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak diesel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.
- c. Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir – butir aspal larut dalam air. Berdasarkan kecepatan mengerasnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :
 - 1. *Rapid Setting* (RS), yaitu aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat, dan aspal cepat menjadi padat atau keras kembali.
 - 2. *Medium Setting* (MS)
 - 3. *Slow Setting* (SS), yaitu jenis aspal emulsi yang paling lambat mengeras.

Dari ketiga bentuk aspal, semen aspal adalah bentuk yang paling banyak digunakan.

2.1.2. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- 1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.

2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir agregat dan pori – pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat melalui dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (*pra hampar*), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat–agregat yang lebih halus (*pasca hampar*), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan.

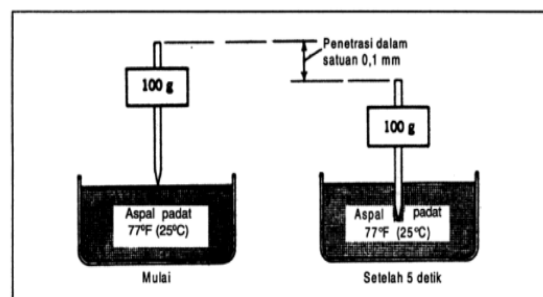
Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dngan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir – butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing – masing butir.

2.1.3. Jenis – Jenis Pengujian Aspal

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat fisis dan kimiawi aspal antara lain pengujian kekerasan aspal, pengujian titik nyala dan titik bakar, pengujian daktilitas, pengujian titik lembek.

a. Pengujian Kekerasan Aspal

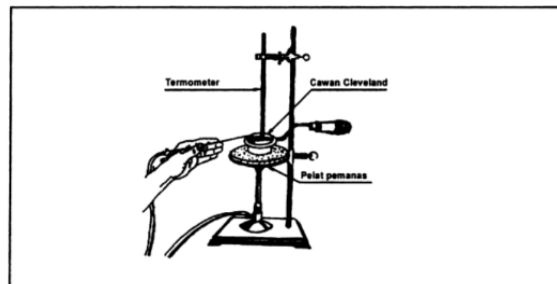
Pengujian kekerasan aspal dilakukan dengan pengujian penetrasi, yaitu dengan menggunakan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dan beban 50 gram. Berat jarum dan beban menjadi 100 gram. Nilai penetrasi dilakukan pada temperatur temperatur 25C dibaca pada arloji pengukur, dalam satuan 0,1 mm.



Gambar 2.1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

b. Pengujian Titik Nyala dan Titik bakar

Pengujian titik nyala dan titik bakar berguna untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala, dan temperatur dimana aspal mulai terbakar. Data ini dibutuhkan sebagai informasi penting dalam proses pencampuran demi keselamatan dalam bekerja.

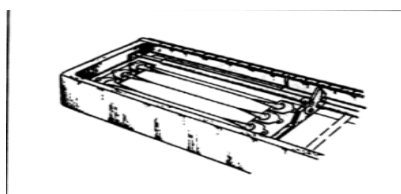


Gambar 2.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian dilakukan dengan mencetak contoh semen aspal di dalam cawan *cleveland* yang terbuat dari kuningan. Cawan diletakkan di atas pelat pemanas dan dimasukkan termometer pengukur temperatur. Temperatur dimana aspal terlihat menyala singkat merupakan temperatur titik nyala, dan temperatur dimana aspal mulai menyala selama minimal 5 detik dinamakan titik bakar.

c. Pengujian Daktilitas

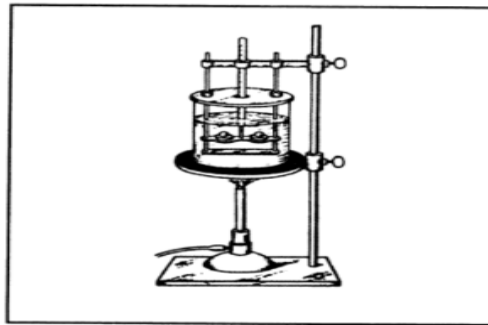
Pengujian daktilitas dibutuhkan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan mencetak aspal dalam cetakan dan meletakkan contoh aspal ke dalam tempat pengujian. Tempat pengujian berisi cairan dengan berat jenis yang mendekati berat jenis aspal. Nilai daktilitas aspal adalah panjang contoh aspal ketika putus pada saat dilakukan penarikan. Menurut RSNI S-01-2003 untuk aspal pen 80-100 batas jarak putus aspal pada pengujian daktilitas Min.100cm.



Gambar 2.3. Pengujian Daktilitas

d. Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan kepekaan aspal terhadap temperatur dilakukan melalui pemeriksaan titik lembek. Titik lembek adalah temperatur dimana aspal mulai menjadi lembek, yang ditunjukkan oleh jatuhnya lempengan contoh aspal akibat beban kelereng baja di atasnya. Data ini dibutuhkan selama proses pelaksanaan beton aspal di lapangan.



Gambar 2.4. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Daya tahan atau durabilitas aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Aspal yang baik adalah aspal yang tidak mudah menjadi rapuh dan kehilangan sifat plastisnya akibat perubahan temperatur. Sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Oven Test* (TFOT) atau pengujian efek panas dan udara pada aspal *Rolling Thin Film Oven Test* (RTOT).

1. Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal.
2. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat ini dapat diperiksa dengan melakukan pengujian kelekatan aspal (*stripping test*).

Agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan adalah agregat dengan kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95%.

2.1.4. Jenis Semen Aspal

Semen aspal dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Berdasarkan nilai penetrasinya, AASHTO membagi semen aspal kedalam 5 kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Spesifikasi dari masing-masing kelompok aspal tersebut seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi AASHTO untuk berbagai nilai penetrasi aspal, AASHTO M 20-70 (1990)

Jenis Aspal (sesuai penetrasi)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Penetrasi (25°C, 100 gr. 5 det)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Titik nyala, cleaveland °C	≥235	≥235	≥235	≥220	≥180
Daktilitas (25° C, 5 cm/men,cm)	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100
Solubilitas dlm CC14%	≥99	≥99	≥99	≥99	≥99
TFOT, 3.2 mm, 5 jam, 163°C					
Kehilangan Berat, %	≤0,8	≤0,8	≤1	≤1,3	≤1,5
Penetrasi setelah kehilangan berat	≥58	≥54	≥50	≥46	≥40
Daktilitas setelah kehilangan berat, (25°C, 5cm/men, cm)		≥50	≥75	≥100	≥100

(Sumber : AASHTO M 20-70 1990)

Di Indonesia, aspal yang digunakan untuk perkerasan jalan dibedakan atas aspal pen 60 dan aspal pen 80. Persyaratan kualitas aspal yang digunakan di Indonesia seperti pada Tabel 2.2., diambil dari Buku Materi Pembekalan Sertifikasi Tenaga Inti Konsultan Supervisi, Modul VI, 1999.

Tabel 2.2. Spesifikasi Bina Marga untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal di Indonesia

Jenis Aspal (sesuai penetrasi)	60	80
Penetrasi (25°C, 100 gr. 5 det)	60-79	80-99
Titik nyala, cleaveland °C	≥200	≥225
Daktilitas (25°C, 5 cm/ men, cm)	≥100	≥100
Solubilitas dlm CC14%	≥99	≥99
TFOT, 3.2 mm, 5 jam, 163°C		
Kehilangan Berat, %	≤0,4	≤0,6
Penetrasi setelah kehilangan berat	≥75	≥75
Daktilitas setelah kehilangan berat, (25°C, 5 cm/men, cm)	1	1

(Sumber : Materi Pembekalan Sertifikasi Tenaga Inti Konsultan Supervisi, Modul – VI, 1999)

Pembagian semen aspal berdasarkan nilai viskositasnya tidak umum digunakan di Indonesia. Spesifikasi aspal sesuai spesifikasi baru campuran beraspal panas yang diterbitkan oleh Depkimpraswil menetapkan aspal yang digunakan untuk beton aspal campuran panas adalah semen aspal pen. 60/70, sesuai spesifikasi AASHTO M 20-70 (1990), seperti pada Tabel.2.2.

2.2 Agregat

Menurut Silvia Sukirman, 2003, agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen–fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur utama perkerasan jalan yaitu 90–95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75–85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas agregat beku (*Igneous Rock*), agregat sedimen (*Sedimentary Rock*), dan agregat metamorfik (*Metamorphic Rock*).

Agregat beku (*Igneous Rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang dingin dan beku. Agregat beku terbagi menjadi dua yaitu agregat beku luar dan agregat beku dalam. Agregat beku luar (*Extrusive Igneous Rock*) yang dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, *andesit*, *basalt*, *oksidian*, *umice*. Agregat beku dalam (*Intrusive Igneous Rock*) dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan – lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti : *gabbro*, *diorit*, *syenit*.

Agregat sedimen (*Sedimentary Rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa – sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan – lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya.

Berdasarkan proses pembentukannya agregat sedimen dapat dibedakan atas :

1. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik, seperti breksi, batu pasir, batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silika.
2. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organis, seperti : batu gamping, batubara, opal.
3. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi seperti batu gamping, garam, gips, flint

Agregat Metamorfik (*Metamorphic Rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang masif seperti marmer, kuarsit, dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, filit, sekis. Berdasarkan pengolahannya agregat dapat dibedakan atas agregat siap pakai dan agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai

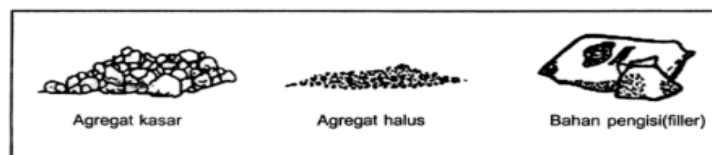
2.2.1. Jenis Agregat

Adapun jenis – jenis dari agregat itu adalah sebagai berikut :

- a. Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini berbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat siap pakai sering disebut sebagai agregat alam. Agregatnya cenderung bulat – bulat, dengan tekstur permukaan licin. Proses degradasi agregat di bukit – bukit akan membentuk agregat bersudut dan kasar. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.
- b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai adalah agregat yang diperoleh di bukit – bukit, di gunung – gunung, ataupun di sungai – sungai. Agregat di gunung dan di bukit umumnya ditemui dalam masif, sehingga perlu dilakukan pemecahan dahulu supaya dapat diangkat ke tempat mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Sungai – sungai yang membawa agregat di musim hujan, umumnya membawa agregat berukuran besar sehingga tidak memenuhi persyaratan ukuran yang ditentukan. Guna dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan, agregat ini harus diolah dulu secara manual, dengan mempergunakan tenaga manusia atau melalui proses mekanis di mesin pemecah batu. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan.

Di samping itu terdapat pula agregat hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur atau limbah industri seperti abu terbang. Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Batasan masing – masing agregat ini seringkali berbeda sesuai institusi yang menentukannya. Bina Marga membedakan agregat menjadi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) seperti pada gambar 2.5.

1. Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan no.4 (4,75 mm).
2. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan no.4 (4,75 mm).
3. Bahan pengisi (*filler*) adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan no. 200 (0,075 mm).



Gambar 2.5. Jenis agregat berdasarkan ukuran butir

2.2.2. Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat sebagai material perkerasan jalan adalah :

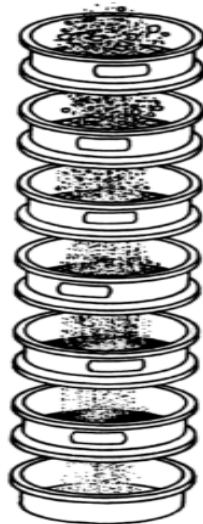
1. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai bentuknya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inchi, 3,5 inchi, 3 inchi, 2,5 inchi, 2 inchi, 1,5 inchi, 1 inchi, $\frac{3}{4}$ inchi, $\frac{1}{2}$ inchi, $\frac{3}{8}$ inchi, no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, no.100 dan no.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inchi panjang. Tabel 2.3. menunjukkan bukaan dari masing–masing saringan berdasarkan AASHTO.

Gradasi agregat diperoleh dari analisis pemeriksaan dengan mempergunakan satu set saringan. Saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas dan yang paling halus no.200 diletakkan terbawah sebelum pan dan diakhiri dengan tutup saringan. Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering (saringan basah atau saringan kering).

Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200, mengikuti manual SNI M-02-1994-03 atau AASHTO T 11- 90. Persentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (saringan kering) sesuai manual SNI 03-1968-1990 atau AASHTO T27-88. Pemeriksaan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 , dengan mempergunakan saringan basah dapat dilanjutkan dengan mengeringkan benda uji dan selanjutnya melakukan pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat.



Gambar 2.6. Satu Set Saringan

Tabel 2.3. Ukuran Buka-an Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	3/8 inci	9,5
3 1/2 inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2 1/2 inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1 1/2 inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
3/4 inci	19	No.200	0,075
1/2 inci	12,5		

(Sumber : Sukirman, S., *Beton Aspal Campuran Panas*, 2003)

Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tidak terdapat agregat yang berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi.

2. Jenis Gradasi Agregat

Distribusi butir – butir agregat dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi baik dan agregat bergradasi buruk.

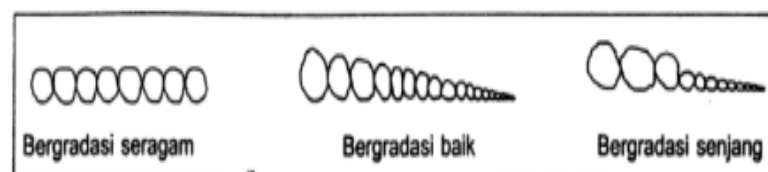
Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan

menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas :

- a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran agregat kasar.
- b. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran agregat halus.

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan bergradasi baik. Terdapat berbagai macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan kedalam agregat bergradasi buruk, seperti pada gambar 2.7.

- a. Agregat bergradasi seragam, adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butir yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.
- b. Agregat bergradasi terbuka, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori – pori nya tidak terisi dengan baik.
- c. Agregat bergradasi senjang, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali



Gambar 2.7. Ilustrasi Rentang Ukuran Butir Pada Berbagai Gradasi

3. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat dapat dinyatakan dengan mempergunakan :

- a. Ukuran maksimum agregat, yaitu menunjukkan ukuran saringan terkecil dimana agregat yang lolos saringan tersebut sebanyak 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat, yaitu menunjukkan ukuran saringan terbesar dimana agregat yang tertahan saringan tersebut sebanyak tidak lebih dari 10%. Ukuran maksimum agregat adalah satu saringan atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum.

Sebagai contoh adalah agregat campuran yang mempunyai gradasi seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Contoh Gradasi Agregat

Nomor	Ukuran	Persentase Lolos
Saringan		
	(mm)	
¾ inci	19	100
½ inci	12,5	100
3/8 inci	9,5	98
No.4	4,75	91
No.8	2,36	78
No.50	0,3	21
No.100	0,15	8

(Sumber : Sukirman, S., *Beton Aspal Campuran Panas*, 2003)

Dari Tabel 2.4. terlihat bahwa ukuran terkecil dimana agregat lolos 100% adalah $\frac{1}{2}$ inci, oleh karena itu ukuran maksimum agregat adalah $\frac{1}{2}$ inci.

Ukuran terbesar dimana agregat yang tertahan kurang atau sama dengan 10% adalah $\frac{3}{8}$ inci, oleh karena itu ukuran nominal maksimum agregat adalah $\frac{3}{8}$ inci.

4. Kebersihan Agregat (*Cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir – butir halus yang lolos saringan no.200, seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh – tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung material yang lolos saringan no.200, jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikat, yaitu aspal, akan berkurang, dan berakibat mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat. Pemeriksaan kebersihan agregat dilakukan melalui pengujian seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Jenis Pengujian Kebersihan Agregat

Jenis Pengujian	SNI	AASHTO
Pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200	SNI-M-02-1994-03	T 11-90
Pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir	Pd M-03-1996-03	T 176-86
Pengujian adanya gumpalan lempung dalam agregat	-	T 112-87

(Sumber : Sukirman, S., *Beton Aspal Campuran Panas*, 2003)

5. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi, akibat pecahnya butir – butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya–gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari.

Faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles sesuai dengan SNI-03-2417-1991 atau ASHTO T 96-87. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi Los Angeles diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang hendak diuji.

Daya tahan terhadap proses kimiawi diperiksa dengan pengujian *soundness* atau dinamakan juga pengujian sifat kekekalan bentuk batu terhadap larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat (MgSO_4) sesuai dengan SNI-03-3407-1994 atau AASHTO T 104-86.

6. Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan sebagai berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tidak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan.

- a. Agregat berbentuk kubus (*Cubical*) pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu masif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.
- b. Agregat berbentuk lonjong (*elongated*) dapat ditemui di sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih besar dari 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelongongan (*elongated index*) adalah persentase berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat campuran agregat berbentuk lonjong ini hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

- c. Agregat berbentuk pipih (*flaky*) dapat merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu, dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata – rata. Indeks kepipihan (*flakiness index*) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu.
- d. Agregat berbentuk tak beraturan (*irregular*) adalah bentuk agregat yang tidak mengikuti salah satu bentuk di atas.

Agregat kasar terbaik yang dipergunakan untuk material perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tidak ada, maka agregat yang mempunyai minimal satu bidang pecahan dapat dipergunakan.

Tekstur permukaan agregat dapat dibedakan atas licin, kasar, atau berpori. Agregat berbentuk bulat pada umumnya mempunyai permukaan yang licin, dan seringkali dijumpai di sungai. Permukaan agregat yang licin menghasilkan daya penguncian antar agregat rendah, dan mempunyai tingkat kestabilan rendah. Permukaan agregat kasar mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antar butir agregat kuat, sehingga lebih mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Agregat berbentuk kubus biasanya mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga agregat berbentuk kubus dengan permukaan bertekstur kasar akan menghasilkan stabilitas lapisan yang baik. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

Agregat berpori (*porous*) dapat dibedakan atas agregat berpori sedikit dan agregat berpori banyak. Agregat berpori banyak pada umumnya mempunyai tingkat kekerasan rendah, sehingga mudah dan terjadi degradasi. Degradasi merupakan kondisi yang tidak diinginkan pada perkerasan jalan. Pori sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, sehingga terjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Pemeriksaan banyaknya pori agregat dapat diperkirakan dari banyaknya

air yang terabsorpsi oleh agregat. Pengujian nilai absorpsi air dilakukan mengikuti manual AASHTO T 84-88 untuk agregat halus dan T 85-88 untuk agregat kasar.

$$\text{Penyerapan (absorpsi) air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan : B_j = berat benda uji kering permukaan

B_k = berat benda uji kering oven

7. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat (*Affinity for Asphalt*)

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung *silica* merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air. Hal ini mengakibatkan agregat tersebut tidak mudah dilekati aspal, ikatan aspal dengan agregat mudah lepas.

Pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dilakukan mengikuti standar SNI-03-2439-1991 atau manual AASHTO T182-84. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam persen, yaitu persentase luas permukaan agregat yang dilapisi aspal terhadap seluruh luas permukaan.

8. Berat Jenis Agregat

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat, yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar, atau berat yang ringan. Terdapat tiga jenis berat jenis (*Specific Gravity*) yaitu :

- a. Berat jenis *bulk* (*Bulk Specific Gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat ($V_s + V_i + V_p + V_c$).

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{B_k}{(V_s + V_i + V_p + V_c) \gamma_a} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \quad \dots\dots\dots$$

(2.2)

- b. Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan,

jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat, dan seluruh volume agregat ($V_s + V_i + V_p + V_c$).

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{B_j}{(V_s + V_i + V_p + V_c)\gamma_a} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots \dots \dots (2.3)$$

- c. Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tidak dapat diresapi oleh air ($V_s + V_i$).

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(V_s + V_i)\gamma_a} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots \dots \dots (2.4)$$

- d. Berat jenis efektif (*effective spesific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat kering, dan volume agregat yang tidak dapat diresapi aspal ($V_s + V_i + V_p$).

$$\text{Berat jenis efektif} = \frac{B_k}{(V_s + V_i + V_p)\gamma_a} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana : B_a adalah agregat yang ditimbang di dalam air

B_j adalah berat agregat dalam keadaan kering permukaan

Pengujian berat jenis agregat kasar dilaksanakan dengan mengikuti Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F, atau AASHTO T 85-88.

2.2.3. Filler (Bahan Pengisi)

Filler (Bahan Pengisi) merupakan agregat yang lebih halus dibandingkan agregat halus umumnya lolos saringan No.200. Filler adalah bahan yang berfungsi mengurangi rongga, permeabilitas, dan menambah kekakuan tarik pada campuran beton aspal. Dalam perencanaan campuran jalan raya yang biasa digunakan sebagai agregat kasar adalah batu pecah, dan untuk agregat halus adalah pasir. Sedangkan filler yang biasa digunakan adalah Abu Batu. Namun saat ini sudah banyak dilakukan penelitian untuk mencari alternatif filler sebagai material baru dalam campuran perkerasan jalan raya. Penelitian ini perlu untuk terus dikembangkan karena material yang ada pada saat ini sudah mulai terbatas jumlahnya. Selain itu terdapat banyak potensi material lain yang dapat

2.3 Aspal Beton Campuran Panas

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai “*hot mix*”. Pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur, kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar (*paving machine*) sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton. (Silvia Sukirman, 2003)

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi.
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi.

Berdasarkan metode pencampurannya aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton Amerika, yang bersumber kepada *Asphalt Institute*.
2. Aspal beton durabilitas tinggi yang bersumber pada BS 594, Inggris, dan dikembangkan oleh CQCMU, Bina Marga, Indonesia.

2.3.1. Karakteristik aspal beton campuran panas

Adapun karakteristik yang dimiliki aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut :

1. *Voids in Mix* (VIM), adalah merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran
2. *Voids in Mineral Aggregates* (VMA), adalah volume pori di antara partikel agregat dalam campuran yang telah dipadatkan, termasuk pori yang terisi oleh aspal, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran.
3. *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.
4. *Marshall Qoutient* (MQ), adalah angka yang menyatakan tingkat kelenturan (*flexibilty*) suatu campuran. MQ merupakan hasil bagi *stability* terhadap *flow*, yang dinyatakan dalam (kN/mm).
5. *Stabilitas*

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat yang menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*)
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar
- c. Agregat berbentuk kubus
- d. Aspal dengan penetrasi rendah
- e. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butir agregat (*void in mineral agregat* = VMA) yang kecil.

Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas dan mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*Void In Mix* = VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang dinamakan *bleeding*.

6. *Flow* / (Kelelehan)

Flow/Kelelehan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai flow juga diperoleh dari hasil pembacaan pada alat Marshall Test sewaktu melakukan pengujian Marshall.

7. *Durabilitas*

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

- a. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.

- b. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/ getas.
- c. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

8. *Fleksibilitas* / (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. *Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

9. *Skid Resistance* / (Tahanan Geser/ Kekesatan)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Tahanan geser tinggi jika :

- a. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*
- b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup, ketahanan kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*Ruting*) dan retak.

2.3.2. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan (*Flow*)

Faktor – faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

1. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat
2. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel
3. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

2.3.3. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan

Seperti yang diketahui faktor – faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.

2.4 Perencanaan Aspal beton Campuran Panas

Lapisan aspal yang baik haruslah memenuhi 4 syarat yaitu : stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan tahanan geser. Tetapi jika memakai gradasi rapat (*dense graded*) akan menghasilkan kepadatan yang baik, berarti memberikan stabilitas yang baik tetapi mempunyai rongga pori yang kecil sehingga memberikan kelenturan (fleksibilitas) yang kurang baik dan akibat tambahan pemadatan dari beban lalu lintas berulang serta aspal yang mencair akibat pengaruh cuaca akan memberikan tahanan geser yang kecil. Sebaliknya jika menggunakan gradasi terbuka, akan diperoleh kelenturan yang baik, tetapi stabilitas yang kecil. Kadar aspal yang terlalu sedikit akan mengakibatkan lapisan pengikat aspal cepat lepas dan durabilitas berkurang. Dari penjelasan

diatas dapat disimpulkan bahwa haruslah ditentukan campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas yang optimal mungkin.

Dengan kata lain haruslah direncanakan campuran yang meliputi gradasi agregat (dengan juga memperhatikan mutu agregat) dan kadar aspal sehingga dihasilkan lapisan perkerasan yang dapat memenuhi keempat syarat diatas yaitu :

1. Kadar aspal cukup memberikan kelenturan
2. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tidak terjadi deformasi yang merusak.
3. Kadar rongga cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan *flow* dari aspal.
4. Dapat memberikan kemudahan kerja sehingga tidak terjadi segregasi
5. Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan dalam pemilihan lapis perkerasan pada tahap perencanaan.

Dengan demikian faktor yang mempengaruhi kualitas dari aspal beton adalah :

1. Absorpsi aspal
2. Kadar aspal efektif
3. Rongga antar butir (VMA)
4. Rongga udara dalam campuran (VIM)
5. Gradasi agregat

2.5 Uji Statistik

Uji statistik bertujuan untuk menguji hipotesis (pernyataan sementara) dari peneliti yang bersifat deskriptif. Penerapan jenis uji statistik yang bersifat deskriptif sangat tergantung dari jenis data penelitian atau variabel berdasarkan skala pengukurannya. (Syofian Siregar, 2010)

2.5.1 Uji Validitas dengan Metode SPSS

Metode validitas adalah menunjukkan sejauh mana suatu alat ukur mampu mengukur apa yang ingin diukur (*valid measure if it succesfully*

measure the phenomenon). Dalam suatu penelitian yang bersifat deskriptif, maupun eksplanatif yang melibatkan variabel yang tidak bisa diukur secara langsung.

Untuk melakukan pengolahan data uji validitas dengan program SPSS dapat dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

a. Masuk ke program SPSS

b. Klik *variabel view* pada SPSS data editor

1. Pada kolom *name* baris pertama ketik responden, pada baris kedua ketik A, baris ketiga B, baris keempat C dan baris kelima ketik D, lalu kemudian pada baris keenam ketik total.
2. Pada kolom *type* untuk baris pertama klik kotak kecil lalu kemudian klik string, baris kedua tidak ubah.
3. Pada kolom *decimal* ganti dengan angka nol.
4. Pada kolom label, untuk baris pertama kosongkan dan pada baris kedua ketik skor jawaban A, baris ketiga ketik skor jawaban B, baris keempat ketik skor jawaban C dan baris kelima ketik skor jawaban D, lalu kemudian baris keenam ketik total jawaban.
5. Pada kolom *measure* baris pertama klik skala pengukuran, yaitu klik skala nominal dan dari baris kedua sampai keenam klik ordinal.

c. Pengisian data :

d. Klik *data view* pada SPSS editor

1. Pada kolom responden masukkan semua responden
2. Pada kolom A,B,C,D masukkan semua jawaban responden sesuai dengan kolom masing – masing dan untuk kolom total masukkan total jawaban responden.

e. Pengolahan data :

Klik *analysis* → *corralate* → *bivariate*

f. Pengisian

Dari *Bivariate Correlations*

1. Masukkan skor jawaban A,B,C,D dan total ke variables
2. *Correlations Coefficient* klik Pearson

3. *Test of significance* klik *two – tailed*
- g. Pengisian *statistic*, klik *options*
 1. Pada *statistic*, klik *statistic and standar deviations*
 2. Pada *missing value*, klik *exlude casses pairwise*
- h. Klik *continue* untuk kembali ke menu sebelumnya, lalu kemudian klik OK untuk memproses data.

2.5.2 Uji Regresi dengan Metode SPSS

Analisis Regresi Non Linier Sederhana (SPSS)

analisis regresi merupakan suatu analisis antara variable independent (X) dengan varabel dependent (Y), dimana diasumsikan bahwa X mempengaruhi Y secara eksponensial, kuadratik, kubik, logaritmik, invers ataupun bentuk lainnya.

Secara umum, terdapat beberapa model regresi nonlinier, antara lain:

- a. Logarithmic : $Y = \beta_0 + \beta_1 \ln(x)$
- b. Inverse : $Y = \beta_0 + \frac{\beta_1}{x}$
- c. Quadratic : $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$
- d. Cubic : $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3$
- e. Compound : $Y = \beta_0 \beta_1^X$
- f. Power : $Y = \beta_0 X^{\beta_1}$
- g. S : $Y = \text{EXP} \left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{x} \right)$
- h. Eksponential : $Y = \beta_0 e^{\beta_1 X}$
- i. Logistic : $Y = \frac{1}{1 + e^{-\beta_0 - \beta_1 X}}$

Jika kita dihadapkan pada pilihan beberapa model regresi yang digunakan maka kita dapat mengambil model yang terbaik berdasarkan pertimbangan berikut :

1. Nilai R yang besar
2. Nilai R² yang besar, dan

Untuk melakukan uji regresi non linier, kita dapat menggunakan bantuan SPSS, pada SPSS kita bisa mengikuti langkah – langkah sebagai berikut :

1. Inputkan data ke dalam worksheet SPSS
2. Klik Analyze → Regression → Curve estimation

Masukkan variabel dependent pada kolom dependent (s) dan variabel – variabel independent dalam kolom independent kemudian pilih model regresi yang akan di uji.